

Simo Kulmala

Painokoneen ratakameran käyttöönotto ja valvonnan optimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

26.11.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Simo Kulmala Painokoneen ratakameran käyttöönotto ja valvonnan optimointi 29 sivua 26.11.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	graafinen tekniikka
Ohjaajat	tuotantopäällikkö Jussi Broberg lehtori Toni Spännäri
<p>Insinööriyön tavoitteena oli saattaa toimintakuntoon ja ottaa käyttöön painokonejärjestelmän yhteyteen asennettu laadunvalvontaan tarkoitettu ratakamerajärjestelmä sekä optimoida sillä suoritettava laadunvalvontaprosessi ja luoda järjestelmien kanssa työskenteleville tuotanto-operaattoreille ohjeistus kamerajärjestelmän käyttöön ja ylläpitoon.</p> <p>Työssä selvitettiin järjestelmän toimintakunnon estävät tekijät, joiksi paljastuivat vioittunut paperiradan liikkeen tunnistava valosensori ja vika painokoneessa, joka aiheutti kamerajärjestelmän ylikuumenemista. Työssä toteutettiin korjaavat toimenpiteet, ja sen jälkeen tehtiin järjestelmän ja valvontaprosessin käyttöönottotestaus.</p> <p>Järjestelmän toimintakuntoon saattamisen jälkeen tehdystä järjestelmän ja valvontaprosessin käyttöönottotestauksesta selvisi, että toimintaluotettavuuden ja vähäisen resoluution takia järjestelmää ei ollut taloudellisesti kannattavaa ottaa käyttöön päivittäisessä painotuotannossa. Koska järjestelmän käyttöönotto päätettiin hylätä, ei ollut tarvetta suorittaa laadunvalvontaprosessin optimointia eikä luoda alkuperäisen suunnitelman mukaista operaattorien käyttöopasta ja ylläpidon ohjeistusta.</p> <p>Lopuksi projektissa pyrittiin arvioimaan mahdollisia toimenpiteitä, joiden avulla esiintyneet ongelmatilanteet olisi voitu välttää tai niiden aiheuttama haitta olisi kyetty minimoimaan. Valosensori olisi voitu mahdollisesti vaihtaa uuteen jo aiemmin, mutta sensorin vaihtamiseksi ei ollut edellytyksiä projektin sen hetkisiin tietoihin ja tilanteeseen pohjautuen ilman kalliita ylimääräisiä kustannuksia. Jos nykyisen järjestelmän ongelmatekijät olisivat olleet tiedossa jo kameran hankintavaiheessa, olisi tällöin voitu mahdollisesti valita jonkin toisen valmistajan tarjoama ratakamerajärjestelmä, mutta insinööriyön aikana ei ollut mahdollisuutta vaikuttaa tähän toimenpiteeseen.</p>	
Avainsanat	mustesuihku, Ink Jet, Drop on Demand, DoD, laadunvalvonta, valvonnan optimointi, ratakamera

Author Title Number of Pages Date	Simo Kulmala Introduction of a paper path camera system for a digital printing machine and control optimization 29 pages 26th of November 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Printing Technology
Instructors	Jussi Broberg, Production Manager Toni Spännäri, Lecturer
<p>The objective of the thesis was to repair and introduce a paper path camera system installed in connection to a digital printing machine. Another aim was to optimize the quality control process, to create operating guidelines as well as a manual for the production-operators to be used during work and maintenance of the camera system.</p> <p>The factors preventing the functioning of the camera system were found out during the research. These factors were a damaged light sensor component, and a fault in the printing machine which caused overheating of the camera system. These faults were repaired during this project. System introduction and control process testing were done after the repairs.</p> <p>After the system had been repaired, introduction and control process testing were conducted. According to the results, the standard for the operational reliability and the resolution of the image scanned by the camera system were not high enough to justify the extra costs caused by introducing the system into daily production process. Because a decision to cancel the introduction of the camera system was made, there was no need to conduct the control optimization, create the operating guidelines or the operator manual, which were originally planned for the thesis project.</p> <p>To conclude the thesis, the potential measures which could have minimized or completely prevented the issues faced during the project, were reviewed. Potentially the faulty light sensor component could have been replaced earlier. However, it appeared that an earlier replacement with the information at hand, could not have been done without causing substantial expenses. Also, if the problems with the operational reliability and the inadequate resolution were known before the camera system was purchased, a decision to purchase similar paper path camera system from another manufacturer could have been made. However, there was no possibility to contribute to the purchase decision during the thesis project, as the system had already been purchased.</p>	
Keywords	Ink Jet, Drop on Demand, DoD, quality control, control optimization, paper path camera

Sisällys

Lyhenteet ja termit

1	Johdanto	1
2	Projektin suunniteltu kulku, Ink Jet -tekniikat ja kameratekniikka	1
2.1	Projektisuunnitelma	1
2.2	Ink Jet -painokonetekniikka	4
2.3	Digitaalinen skanneri- tai kameratekniikka	9
2.4	Océ ColorStream 3500 -painokone ja siihen asennettu kamerajärjestelmä	11
3	Kamerajärjestelmän korjaus ja käyttöönottotestaus	20
3.1	Kamerajärjestelmän lähtötilanne	20
3.2	Océ on-site-huolto	23
3.3	Kamerajärjestelmän käyttötesti	24
4	Käyttöönottoprojektin tulos ja mahdollisia keinoja tilanteen korjaamiseksi	25
4.1	Käyttöönottoprojektin tulos	25
4.2	Korjaavia menetelmiä	25
5	Yhteenveto	27
	Lähteet	29

Lyhenteet ja termit

Makulatuuri	Painotuotannossa tahriintunut tai painovirheellinen painotuote tai paperi; hylkypaperi, jätepaperi.
CS3500	Canon Océ ColorStream 3500 -mustesuihkupainokone. Tämän työn yhteydessä I-twin-asetelmalla eli kahden perättäisen painoyksikön, niiden välisen kääntöyksikön ja painolinjan alku- ja loppupäässä sijaitsevien syöttö- ja sisäänkelauslaitteiden muodostama painokonekokonaisuus.
Delta-E	Värihallinnassa ja painoteollisuudessa käytetty laatumittari, jonka arvo syntyy tavoitellun ja painetun L^*a^*b -väriarvon välisestä eroituksesta laskettuna. Mittakaavan arvo dE 1.0 on pienin arvo, jonka ihmissilmä kykenee havaitsemaan.
L^*a^*b	CIE:n (Comission Internationale de l'Eclairage eli Kansainvälinen valaistuskomissio http://www.cie.co.at) julkaisema väriavaruusmalli, jossa pystyakselina toimii luminanssi (L) eli valovoima tarkastelusuunnassa pinta-alaa kohti, ja vaaka-akseleina värin sävy suhteessa vihreästä (-a) punaiseen (+a) ja sinisestä (-b) keltaiseen (+b).
Pinfeed	Paperityyppi, jonka rullan reunalla kulkee tasaisin välein pienet, noin 5 millimetriä halkaisijaltaan olevat reiät. Painokoneessa on erikseen päälle kytkettävät vetonastat kuljetusteloissa. Kuljetustelojen pyöriessä nastat osuvat reunoissa oleviin reikiin ja liikuttavat paperia niistä vetämällä pyörimissuunnan mukaisesti.
Perforointi	Paperiin tietyin pituussuunnan välein leveyssuuntaan tehty pienten reikien muodostama repäisylinja.
MICR	Akronyymi sanoista Magnetic Ink Character Recognition eli magneettisella musteella painatettujen merkkien tunnistus.
DPI	Dots per inch. Painetun kuvan tarkkuus mitattuna tuuman alueella sijaitsevien painopisteiden maksimimäärällä.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on ottaa käyttöön Canon Océn valmistamaan ColorStream 3500 -painokoneeseen asennettu painopintoja kuvaava ratakamera ja luoda painokonetta käyttäville operaattoreille ohjeistus painotöiden yhteydessä suoritettavasta optimoidusta laadunvalvontaprosessista. Käyttöönottamalla järjestelmä ja optimoimalla kameran avulla suoritettava valvontaprosessi on tarkoitus helpottaa laadunvalvontaa. Lisäksi kamerajärjestelmän kanssa suoritettavasta laadunvalvonnasta ja järjestelmän ohjausohjelmistosta on tarkoitus luoda järjestelmien kanssa työskenteleville tuotanto-operaattoreille ohjeistus käyttöön ja ylläpitoon.

Insinööriyön tilaajana on Strålfors Oy:ta edustava Jussi Broberg. Strålfors toimii seitsemässä maassa ja sen palvelut ovat erilaisia älykkäitä viestinvälitysratkaisuja. Se on osa PostNord AB –konsernia, joka on pohjoismaiden suurin työnantaja.

2 Projektin suunniteltu kulku, Ink Jet -tekniikat ja kameratekniikka

2.1 Projektisuunnitelma

Insinööriyötä aloitettaessa kamerajärjestelmä oli asennettu painokoneeseen, mutta se ei ollut toimintakunnossa eikä sitä ollut koskaan otettu käyttöön. Kamerajärjestelmän hinta painokonetta hankittaessa oli ollut merkittävä, ja siksi oli toivottavaa, että sitä voitaisiin kuitenkin hyödyntää painoprosessissa.

Tavoiteltuna lopputuloksena oli, että kamerajärjestelmän avulla suoritettavan valvontaprosessin avulla mahdolliset painovirheet voitaisiin havaita nopeammin ja tehdä tarvittavat korjaukset, jolloin painotöiden yhteydessä syntyneen makulatuurin määrää saataisiin laskettua. Näin kamerajärjestelmän hankintahinta saataisiin korvattua epäsuorasti laskemalla virhepainatuksesta aiheutunutta menetettyä työaikaa ja materiaalihukkaa.

Projektille luotiin kuvion 1 mukainen kronologisessa järjestyksessä määritelty Prosessikaavio suunnitellusta työnkulusta.

Projektin ensimmäisenä vaiheena selvitettiin tavoitteet, joita projektin aikana tulisi saavuttaa. Tavoitteet asetettiin yhdessä Stralfors Oy:n tuotantopäällikön Jussi Brobergin kanssa, jonka kanssa keskustellessa todettiin myös, että projekti ei ole kiireinen, vaikka olisikin suotavaa, että sen käytännön osa saataisiin tehtyä mahdollisimman nopeasti. Tämän vuoksi prosessin vaiheille ei asetettu aikataivoitteita. Tutustuminen painokoneeseen ja painojärjestelmän toimintaan määritettiin yhdeksi projektiaskelleeksi, joskin tämä tavoite oli lähinnä muodollinen, sillä olin työskennellyt painokoneen tuotanto-operaattorina useamman kuukauden.

Toisena projektin suorittamisen edellytyksenä oli painokoneeseen asennetun ratakameran ja kameran ohjausjärjestelmän tuntemus. Tämä määritettiin vaiheen kaksi toiseksi päätavoitteeksi. Koska ratakamerajärjestelmää ei ollut aiemmin otettu käyttöön, sille saatavilla oleva ohjeistus ja taustamateriaali oli käytännössä lähes olematonta. Osaksi prosessivaihetta määritettiin siksi myös mahdollisen opastemateriaalin hankinta painojärjestelmän ja painokoneen valmistajayrityksiltä.

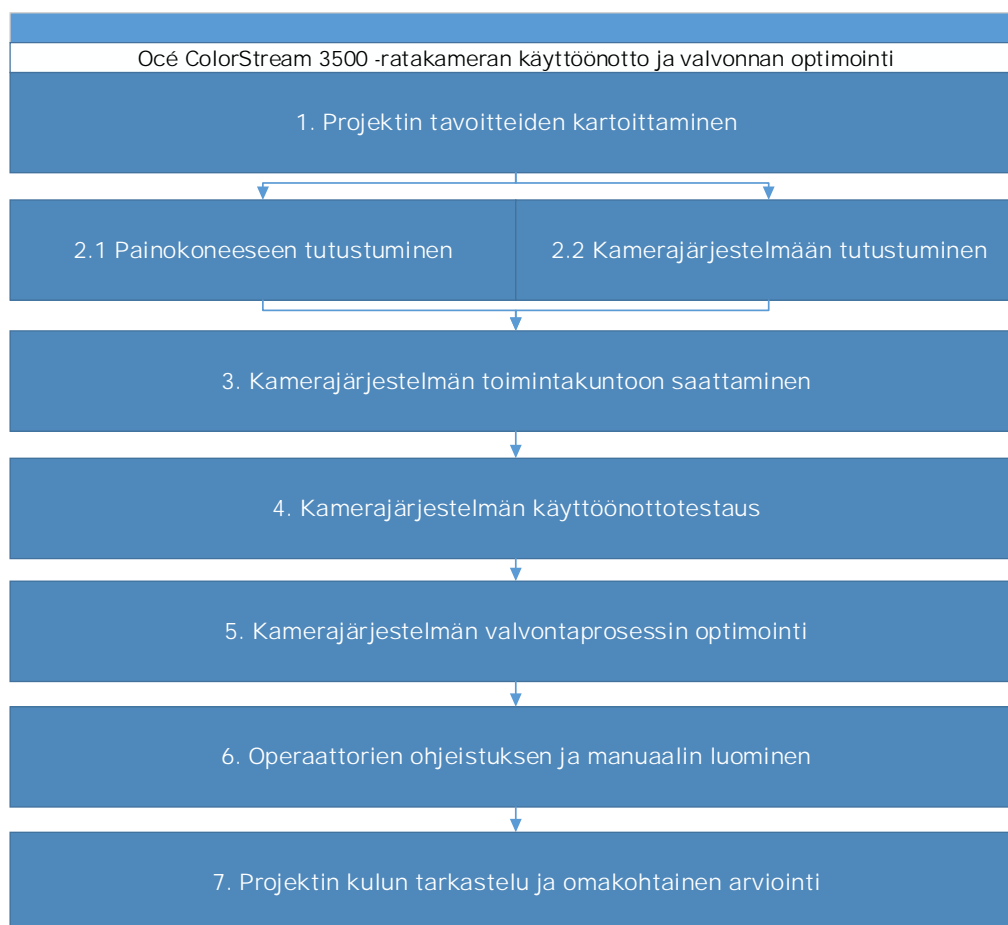
Koska projektin alkuvaiheessa oli jo tiedossa, ettei kamerajärjestelmä ole toimintakuntoinen, se oli saatettava toimintakuntoon, ennen kuin käyttöönototestausta tai muita myöhempiä vaiheita voitaisiin suorittaa. Prosessivaiheen tavoitteina olivat järjestelmän toimimattomuuden syyn selvittäminen ja mahdollisen vian tai muun estävän tekijän korjaaminen. Kun kamerajärjestelmä olisi saatettu toimintakuntoon, oli tarkoitus ottaa se käyttöön ja testata sen toimivuutta valvontakäytössä, jotta voitaisiin arvioida, mitä toimenpiteitä valvontaprosessin aikana tulisi suorittaa. Samalla myös jatkettaisiin kamerajärjestelmään tutustumista käytännön toiminnassa ja selvitettäisiin operaattoreille valvontaprosessissa todennäköisimmin esiintyvien ongelmatilanteiden aiheuttajat.

Kamerajärjestelmään toiminnan ja valvontaprosessin vaiheiden selvityksen jälkeen tavoitteena oli optimoida valvontaprosessin suoritus, minimoiden prosessiin kuluva aika ja maksimoiden valvontajärjestelmästä saatava hyöty. Samalla oli myös tarkoitus selvittää aiemmin löydettyjen järjestelmän käytössä todennäköisimmin esiintyvien ongelmatilanteiden aiheuttajat ja pyrkiä selvittämään toimenpiteitä, joiden avulla

ongelmatilanteet voitaisiin välttää kokonaan tai niiden aiheuttama haitta voitaisiin minimoida.

Kun kamerajärjestelmän valvontaprosessin optimointi olisi suoritettu, saatuihin tietoihin pohjautuen oli määrä luoda ohjeistus valvontaprosessin suorituksesta ja operaattorikäsikirja kamerajärjestelmästä, järjestelmän ylläpidosta ja ongelmatilanteiden ratkaisuista. Ohjeistukselle ja käsikirjalle ei määritetty tarkempia kriteereitä suunnitteluvaiheessa, vaan oletettiin, että vaatimukset selviäisivät käyttöönottotestauksen ja valvontaprosessin optimoinnin yhteydessä.

Lopuksi insinööritoimiston käytännön osuuden suorittamisen jälkeen viimeisenä vaiheena oli projektin kulun tarkastelu ja saavutettujen tavoitteiden arviointi sekä mahdollisesti esiintyneiden ongelmatekijöiden arviointi ja niiden toimenpiteiden pohdinta, jotka olisivat johtaneet projektin aikana mahdollisesti esiintyneiden ongelmatilanteiden välttämiseen.



Kuvio 1. Projektin suunnitellun kulun prosessikaavio.

2.2 Ink Jet -painokonetekniikka

Digitaalipainaminen ja siihen pohjautuvien teknisten ratkaisujen yleistyminen ovat painoalalla uudehkoja, jos niitä verrataan painolaatan tai muun välineen ja paperin kosketuksen kautta siirrettävään painoväriin pohjautuviin tekniikoihin. Digitaaliset painotekniikat olivat vuonna 2009 vallanneet alalta noin 10 prosentin osuuden, ja tämän osuuden on ennakoitu kasvavan tulevina vuosina jopa 20 prosenttiin tai sen ylikin. Tähän osuuteen kuitenkin lasketaan myös muita digitaalisia tekniikoita kuin mustesuihkutekniikat. Ensimmäinen digitaalinen tulostin saapui markkinoille 1970-luvulla. [1, s. 46; 2, s. 92.]

Ink Jet- eli mustesuihkutekniikka perustuu paperille kosketuksetta (NIP eli non impact printing) yksittäisten pisaroiden avulla siirrettävään väriaineeseen. Mustesuihkupainatuksessa käytettävä väriaine on yleensä nestemäistä mustetta joskin sille on olemassa vaihtoehtoinen kiinteä hot melt -muste, joka nestemäistetään kuumentamalla sitä. Painolaitteissa mustesuihku on joko jatkuva (continuous ink jet, CIJ tai continuous stream, CS), jolloin osa suihkusta ohjataan paperille ja osa kierrätetään tai johdetaan hukkasäiliöön tai painomuste siirretään paperille tipoittain tarvittaessa (drop on demand, DoD).

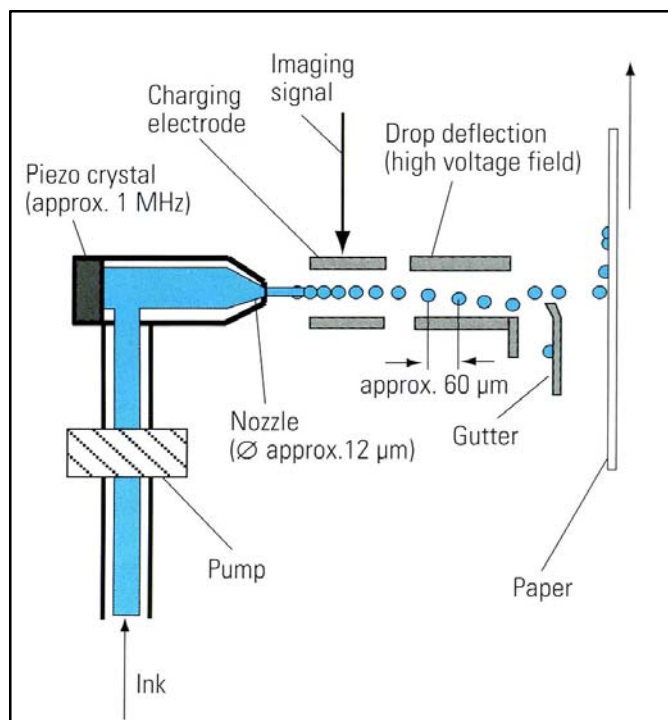
DoD-teknologia voidaan jakaa vielä edelleen kahteen yleisimmin käytettyyn tekniikkaan: lämmittämällä luodun ilmakuplan avulla toimivaan thermal ink jetiin eli termiseen pisaranmuodostukseen pohjautuvaan tekniikkaan ja pietsosähköisen ilmiön avulla toimivaan piezo ink jetiin. [1, s. 49; 3, s. 63–65.]

Yksinkertaisimmillaan ero kahden pääsuunnan välillä voidaan tiivistää suurempaan painonopeuteen heikommalla painolaadulla (CS/CIJ) ja parempaan painolaatuun hitaammalla painonopeudella (DoD). [4.]

Insinööriyössä käytettävä Océ ColorStream 3500 -painokone on pietsosähköinen DoD-painokone.

Continuous ink jet

Continuous ink jet -tekniikassa eli jatkuvasuihkuisessa tekniikassa (kuva 1) pumppu syöttää tulostettaessa jatkuvasti painomustetta. Suutin (nozzle) syöttää painomusteen tasaisena, noin 20 mikrometrin kokoisien pisaroiden virtana eteenpäin varauselektrodeille (charging electrode) eli ohjauslevyille, jotka lataavat pisaroihin sähköisen varauksen kuvanmuodostussignaalin (imaging signal) määrittämisen mukaisesti. Kuvanmuodostussignaali käsittelee kuvan käytännössä negatiivina, jolloin varauselektrodit jättävät paperille kulkeutuvat pisarat varauksettomiksi ja varaavat tarpeettomat pisarat sähköisesti, jotta ne voidaan ohjata korkeajännitteisen sähkökentän (drop deflection / high voltage field) avulla hukkavärikouruun (gutter), jonka kautta ne päätyvät uudelleen kiertoonsa, tai tarpeen vaatiessa ne poistetaan ja ohjataan hukkasäiliöön. [1, s. 49; 2, s. 98; 3, s. 717–720.]



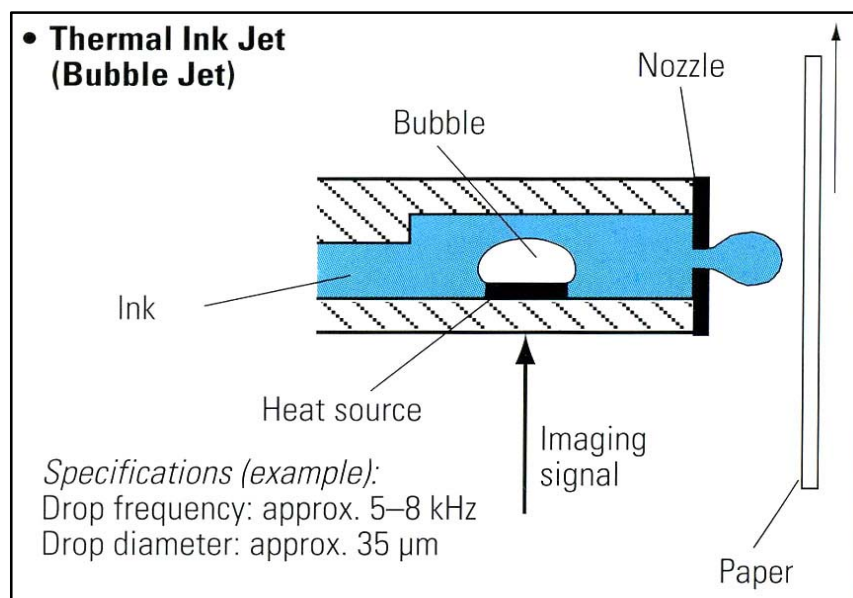
Kuva 1. Jatkuvasuihkuinen eli continuous ink jet -painotekniikka [3. s. 64].

Käytännössä suurin osa (noin 70–90 % pisaroista) CIJ-tekniikan mustesuihkusta poistetaan hukkavärikouruun ja vain pieni osa pisaroista päätyy paperille painettavaksi. Kuitenkaan ylimääräinen väri ei mene kokonaan hukkaan, vaan se ohjataan joko takaisin järjestelmän kiertoonsa tai jätevärisäiliöön. [1, s. 49; 2, s. 98; 3, s. 717–720.]

Drop on demand ink jet

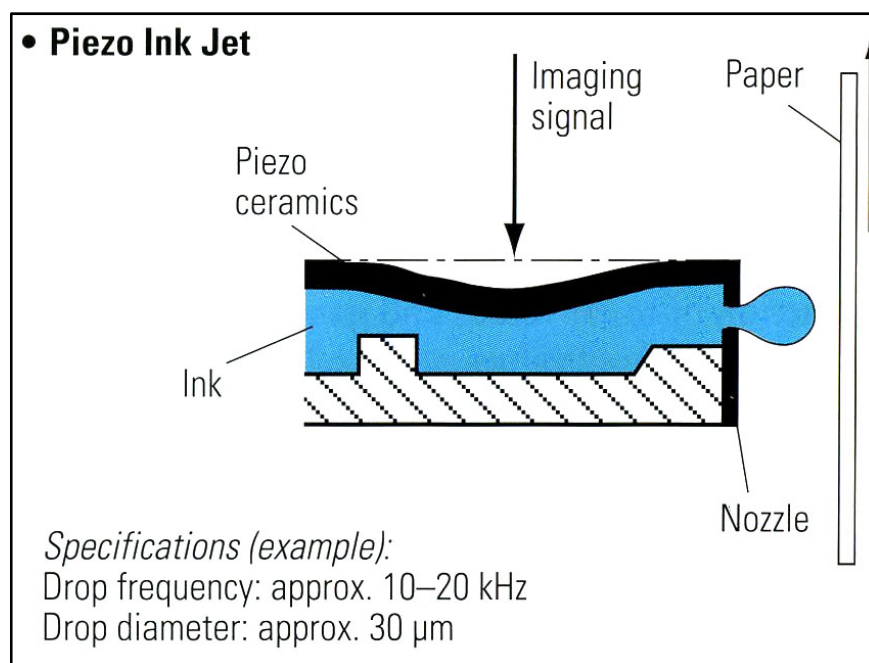
Toisin kuin CIJ-tekniikalla, drop on demand -mustesuihkutekniikassa mustepisara muodostetaan ainoastaan tarvittaessa, kuvanmuodostussignaalin ohjauksesta. Vielä vuosien 1990–2000 tienoilla DoD-menetelmää käytettiin lähinnä kotikäytössä, jossa tarvittava tulostusnopeus ei ole yhtä suuressa asemassa. DoD:n teollisuuskäyttö rajoittui lähinnä suuriformaattisiin tulostimiin computer aided design -järjestelmäpiirrosten (CAD) ja julisteiden tulostamiseen. Kuitenkin nykyään, DoD-tekniikan kehityttyä, sitä käytetään myös teollisuudessa. [1, s. 49.]

Thermal DoD ink jet eli terminen mustesuihkutulostin (kuva 2) toimii lämpöä käyttämällä muodostetun kaasukuplan avulla. Kuvanmuodostussignaalin määräyksestä lämmityselementin (heat source) lämpötila nousee äkillisesti korkeimmillaan jopa 300 celsiusasteeseen. Äkillisen lämpötilan nousun seurauksena painomuste höyrystyy ja muodostaa kaasukuplan, joka laajentuessaan pakottaa kasvavan paineen avulla pisaran painomustetta ulos tulostinpään suuttimesta paperille. Tämän jälkeen lämpötila laskee ja kaasukupla kutistuu, kunnes se häviää jälleen muodostaen teoriassa samalla tyhjiön, jonka ansiosta käytännössä uutta mustetta imeytyy kammioon ilman erillistä pumppua tai muuta musteen kuljettamiseen vaadittavaa toimenpiteen suorittamista. [2, s. 99; 3, s. 717–720.]



Kuva 2. Lämpöperiaatteella toimiva Thermal DoD Ink Jet. Kutsutaan myös nimellä Bubble Jet. [3, s. 64.]

Kuten termisellä periaatteella toimiva thermal ink jet, myös pietsosähköisen DoD:n (kuva 3) pisaranmuodostus perustuu mustekammion tilavuuden muuttamiseen, mutta tekniikka tilavuuden muutoksen aikaansaamiseksi on hyvinkin erilainen kuin lämpöperiaatteella toimivan.



Kuva 3. Pietsosähköisellä periaatteella toimiva DoD Ink Jet [3, s. 64].

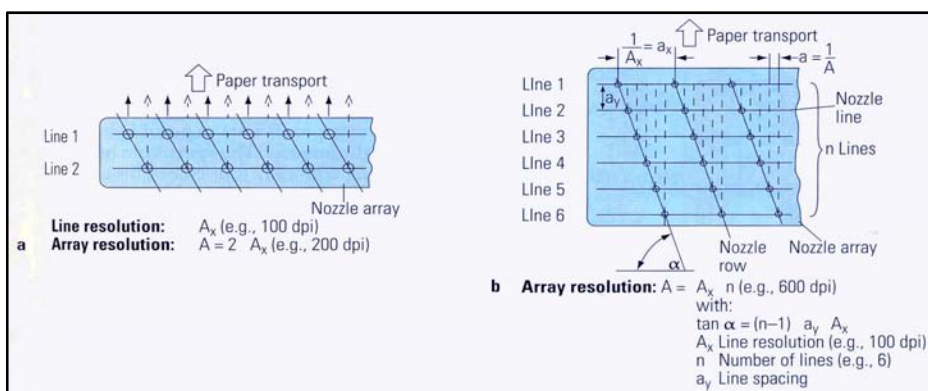
Pietsosähköisellä tekniikalla kammion tilavuudenmuutos saadaan aikaseksi pietsokeraamisen elementin mekaanisella siirtämisellä tai laajentamisella. Pietsosähköiseen materiaaliin johdetaan jännite, joka saa aikaan materiaalin mekaanisen muutoksen.

Käytännössä muutos voi tapahtua kammiosta ulospäin, tilavuutta laajentaen, jolloin mustetta imeytyy sisään, minkä jälkeen takaisin alkuperäiseen muotoon palaava materiaali pienentää kammion tilavuutta aiheuttaen pisaran ulostyöntymisen suuttimesta. Muutos voi myös tapahtua kammioon päin, jolloin pietsokeraamisen materiaalin muutos pienentää kammion tilavuutta. Tämä aiheuttaa pisaran ulostyöntymisen suuttimesta. Jälleen pietsosähköisen materiaalin palautuminen alkuperäiseen tilaan aiheuttaa mustekammion tilavuuden laajenemisen, jolloin uutta mustetta imeytyy täyttäen syntyvän tyhjiön. [1, s. 49–51; 3, s. 717–720.]

Pietsosähköisellä DoD-mustesuihkulla voidaan saavuttaa suurempi pisarafrekvenssi kuin lämpöperiaatteella toimivalla tekniikalla. Lisäksi asettamalla kaksi mustekammiota ja suutinta yhden pietsoelektrisen elementin molemmin puolin voidaan saavuttaa kaksisuuntainen liike, jossa pietsokeraamisen levyn muutos tapahtuu vuorotellen molempiin eri suuntiin, jolloin ensimmäinen mustekammio on laajentunut ja imee sisäänsä lisää mustetta, kun samaan aikaan toinen kammio on kutistunut ja muodostaa suuttimesta mustepisaran. [1, s. 49–51; 3, s. 717–720.]

Pietsoelektrisellä tekniikalla toimiva painokone voidaan saattaa yhteensopivaksi useamman erityyppisen painomusteen kanssa, toisin kuin lämpöperiaatteen tekniikalla toimiva, joka vaatii yleensä vesipohjaisen nestemäisen väriaineen. Myös erona termiseen tulostusmenetelmään, pietsoelektrisen painokoneen tulostinpäiden suuttimia ei vaihdeta värikasettien mukana, vaan ne ovat kiinteitä. Tällä menettelyllä saavutetaan suurempi luotettavuustaso ja pienemmät vaatimustasot painovärien osalta. Pietsosähköisellä periaatteella toimiva painokone tuli ensimmäistä kertaa markkinoille 1980- ja 1990-lukujen vaihteen paikkeilla. [1, s. 49–51; 3, s. 717–720.]

Pisarakoon lisäksi pisaroiden välinen aika eli pisarafrekvenssi rajoittaa saavutettavaa painoresoluutiota. Tarvittaessa sitä on nostettava kasvattamalla tulostinpäiden suutinmäärää. Esimerkiksi 600 dpi:n resoluutiolla toimiva painojärjestelmä voidaan saavuttaa 8 kilohertsin pisarafrekvenssillä ja kolmen sadan värisuuttimen avulla. Suuttimet asetetaan kuvan 4 kaltaisesti viistosti linjoihin, jolloin yksittäisen linjan resoluutio kertaantuu linjojen määrällä. Pisarafrekvenssin on täsmättävä paperin siirtymiseen linjojen välillä kuluvaan aikaan, jotta pisarat linjautuvat tai muuten painojälkeen syntyy kohdistusvirheitä. [3, s. 724–725.]

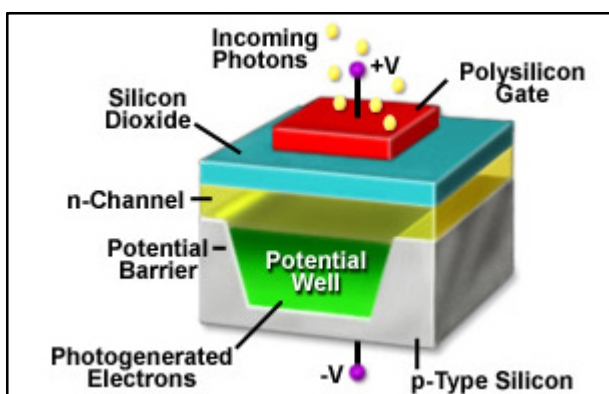


Kuva 4. Resoluution kasvattaminen painosuuttimien määrää kasvattamalla [3, s. 725].

2.3 Digitaalinen skanneri- tai kameratekniikka

Skanneri eli kuvanlukija on laite, joka hyödyntää joko valosensitiivistä CCD- (charge-coupled device array) tai CMOS-kennoa (complementary metal oxide semiconductor) muuntamaan analogisen kuvan digitaaliseen muotoon. Nimi tulee englanninkielisestä termistä to scan, joka merkitsee pyyhkäisemistä tai keilaamista. Yleisesti laitteet käyttävät valonlähdettä ja valosensitiivistä CCD-kennoa asennettuna kiskoon, joka pyyhkäisee luettavan kuvan tai esineen ylitse tai alapuolelta. Valonlähteestä säteilevä valo heijastuu takaisin esineestä tai kuvasta ja palautuu CCD- tai CMOS-kennoon, joka muuntaa valohiukkaset erivahvuisiksi sähköisiksi impulsseiksi, jotka muunnetaan digitaalisesti ymmärrettävään datamuotoon. Tällöin esineestä kaapattu kuva voidaan esittää esimerkiksi tietokoneen näyttöpäätteellä. Myös digitaaliset kamerat toimivat pääasiassa samalla periaatteella: valoherkkä CCD- tai CMOS-kenno muuntaa optiikan läpi päästetyn valon ja muuntaa sen digitaalseksi kuvaksi. [5; 6.]

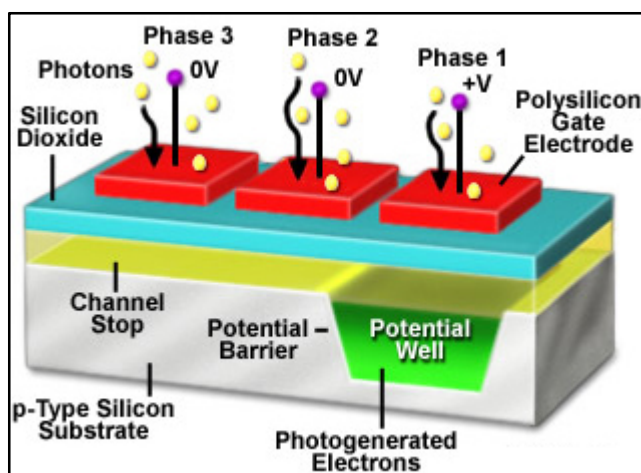
Kuvan kaappaaminen ja digitaaliseen muotoon muuntaminen perustuu metallioksidipuolijohdinyksiköihin (kuva 5). Valonlähteen heijastamat fotonit eli valohiukkaset heijastuvat kuvattavasta kohteesta ja osuvat metallioksidipuolijohdinyksikön (metal oxide semiconductor capacitor eli MOS) yleensä piidioksidilla päällystettyyn pintaan. Tällöin hyödynnetään piin puolijohteellisia ominaisuuksia ja valosähköistä ilmiötä antamaan komponentille kyky kaapata ja säilyttää valohiukkaset, jotka saavat aikaan MOS-kondensaattorin varautumisen. Kennoyksikköön liitetty vahvistin muuntaa varauksen sähköiseksi signaaliksi. [5; 6.]



Kuva 5. Metallioksidipuolijohdinyksikkö, jossa puolijohdinmateriaalina käytetään yleensä piidioksidia [5].

Kuvanmuodostinkennot (kuva 6) koostuvat suuresta määrästä valosensitiivisiä MOS-elementtejä, jotka on järjestetty kaksiulotteiseksi kennoksi piialustalle. Yksittäinen MOS-kondensaattori muodostaa yhden pikselin, eli mitä suurempi määrä MOS-yksiköitä kennossa on, toisin sanoen mitä suurempi kenno on, sitä tarkemmalla resoluutiolla kuvankaappaus tapahtuu.

Suurin ero CCD- ja CMOS-kennojen välillä on tapa, jolla ne lukevat MOS-kondensaattoreiden sähköisen varauksen. CCD-kenno lukee MOS-yksiköiden varauksen rivi kerrallaan, kun taas CMOS-kennossa varaus voidaan lukea koko kennon MOS-matriisin alueelta yhdellä kerralla, minkä ansiosta CMOS-kennon toimintanopeus on huomattavasti suurempi. Muita eroavaisuuksia ovat muun muassa dynaamisen alueen laajuus (CCD:llä noin kaksinkertainen verrattuna CMOS-kennoihin) ja kennojen kohinaherkkyys. [5; 6; 7.]



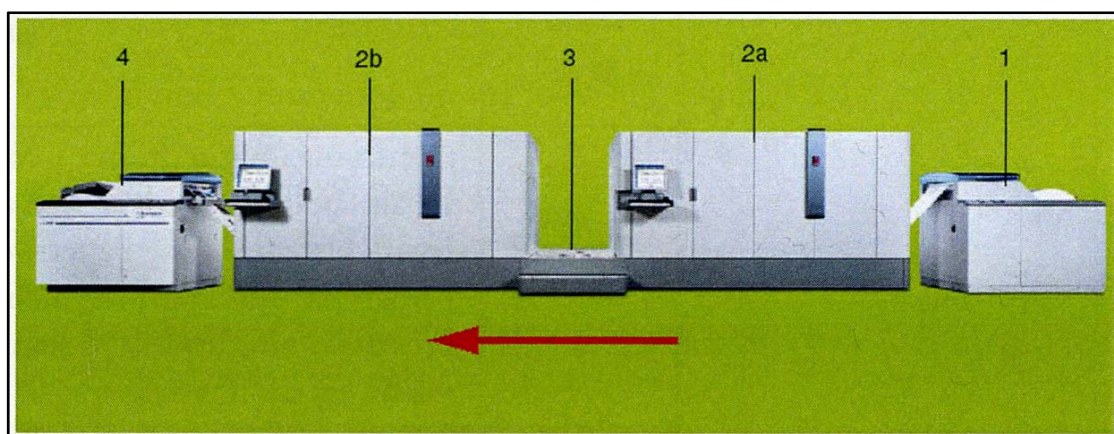
Kuva 6. Kolmen MOS-yksikön muodostama CCD-kenno [5].

Insinööriyössä käsiteltävään Océ ColorStream 3500 -painokoneeseen asennettu ratakamerajärjestelmän kuvanlukija toimii käytännössä käänteisellä pyyhkäisyperiaatteella. Vaikka kuvanlukija itsessään pysyy paikoillaan liikkumatta, paperirata kulkee sen alitse, jolloin kuvanlukijan sijainti kulkee eteenpäin suhteessa paperiin.

2.4 Océ ColorStream 3500 -painokone ja siihen asennettu kamerajärjestelmä

Océ ColorStream 3500 -painokone, I-Twin kokoonpano

Océ CS3500 on suurnopeuksinen pietsosähköisellä mustesuihkuperiaatteella toimiva jatkolomake- ja paperirainatulostin. Sen maksimi tulostusnopeus on 75 metriä 530 mm leveää tulostuspintaa minuutissa. Asettamalla kuvan 7 kaltaisesti kaksi tulostusyksikköä peräkkäin ja kääntöyksikkö niiden väliin painaminen onnistuu paperirainan molemmille puolille. Kokoonpanoa kutsutaan tyyppinimellä ColorStream I-Twin. Järjestelmälle on mahdollista tehdä nopeuspäivitys jonka myötä saavutetaan 75 metrin tai jopa 127 metrin minuuttinopeus. Tällöin pystytään tulostamaan noin 860 kaksipuolista A4-kokoista tulostetta minuutissa. Nopeuspäivitysten yhteydessä myös mallinimi muuttuu: 75 metrin minuuttinopeuden päivityksen myötä malli on CS3700 ja 127 metrin minuuttinopeuden päivityksen jälkeen CS3900 [8.]



Kuva 7. Océ ColorStream 3500 -painokone, I-Twin -kokoonpano. Kokonaisuus on noin 10–11 metriä pitkä, 2 metriä korkea ja 2,5 metriä leveä. [8, s. 57.]

Painomateriaali syötetään koneelle kartonkihylsyn ympärille kelatulta noin 1,5 metriä halkaisijaltaan olevalta paperirullalta, kuvassa 7 oikeassa laidassa sijaitsevan syöttökelauslaitteen avulla (osoitettu kuvassa numerolla 1). Valmis painopinta kelataan takaisin samanlaisen hylsyn ympärille, joka on asetettu kuvan vasemmassa laidassa sijaitsevalle sisäänkelauslaitteelle (osoitettu kuvassa numerolla 4).

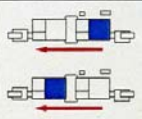
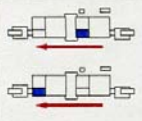
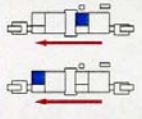
Hylsyjä uudelleenhyödynnettäessä syntyvän kartonkijätteen määrä vähenee. Loppumaisillaan olevan painomateriaalin, eli paperirullan, kartonkihylsy voidaan hyödyntää pysäyttämällä kone, katkaisemalla painomateriaali syöttökelauslaitteen

sisältä paperiveitsellä ja siirtämällä lähes tyhjä rulla sisäänkelauslaitteelle seuraavan painotyön alkaessa tai valmiin painomateriaalin rullakoon kasvaessa liian suureksi. Käytännössä valmis painomateriaali kelataan maksimissaan noin yhden metrin halkaisijaltaan olevaksi rullaksi, koska rulla jatkokäsitellään koneella, jonka syöttökelauslaitteen rullakokopasiteetti on rajattu.

Tämän jälkeen syöttökelauslaitteelle tuodaan uusi paperirulla, joka avataan ja avoin pää liitetään kiinni aiemman paperirullan loppupäähän käyttäen kaksipuolista vetoteippiä.

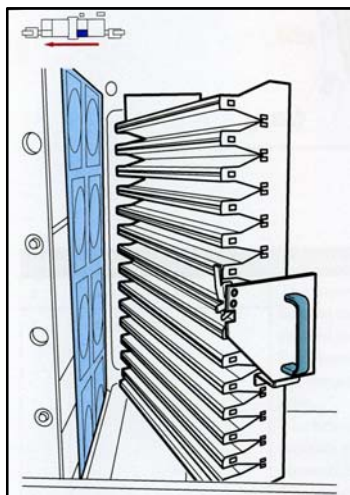
Uuden painomateriaalin lisäämisen jälkeen paperiraina ajetaan koneen läpi manuaalisesti lasketulla nopeudella, jotta painomateriaaliin tehtyä liitossaumaa ei käytetä vahingossa painopintana ja ettei liitossauma jää kiinni painokoneen sisällä oleviin teloihin, taitu tai aiheuta muita vastaavia ongelmia täydellä painonopeudella. Paperiliitoksen läpiajosta täydellä painonopeudella aiheutuisi mahdollisesti paperirainan repeytyminen, jolloin raina pitää syöttää koneen läpi käsin. Tähän kuluu aikaa yleensä noin 15–30 minuuttia. Työajan menetys ja painoviivästys on hyvin merkittävä ja aiheuttaa yritykselle ylimääräisiä kustannuksia.

I-Twin-kokoonpanossa painoyksikköjen 2a ja 2b (kuvassa 7) pääosat eroteltuna ovat painolaite (kuva 8, basic unit), kuivausyksikkö (kuva 8, drying unit) ja huoltoyksikkö (kuva 8, supply unit). Kuvassa on merkitsemättä painoyksiköiden sisällä oleva ilmajäähdytysyksikkö (kuva 9).

	Basic unit
	<p>The drying unit in printer 1 contains the air cooling system as well as the drying system for the paper web.</p> <p>The drying unit in printer 2 contains only the drying system as standard, but no air cooling system.</p>
	Supply unit (with the electronics components and the blowers for the drying unit)

Kuva 8. Océ ColorStream 3500 -painoyksikköjen pääosat I-Twin-kokoonpanossa [8, s. 58].

Painoyksikön katolle on asennettu OPAL-merkkivalo (operator attention light, numero 1 kuvassa 10) joka ilmaisee valomerkein painokoneen senhetkisen tilanteen (valmiustilassa, painaa, ongelmatilanne jne.). [8, s. 60, s. 110.]



Kuva 9. Painoyksiköiden sisällä oleva ilmajäähdetyksikkö. Tuulettimet sijaitsevat vasemmassa laidassa, korostettuna sinisellä. Jäähdetyssiili on korostamattomana keskellä kuvaa. [8, s. 84.]

Painoyksiköiden sisällä on ulostuloa edeltävinä osina kuivausyksikkö (merkitty kuvassa 10 numerolla 6), jonka tehtävänä on nimensä mukaisesti kuivata paperille siirretty painomuste, ennen kuin paperiraina kulkeutuu ulos painoyksiköstä, ja tuulettimien ja jäähdetyssiilien avulla toimiva ilmajäähdetyksikkö (kuva 9., merkitty kuvassa 10 vasemmassa alalaidassa numerolla 2). Jäähdetyssiili koostuu metallisesta jäähdetysrivastosta, joka laskee paperirainaa ympäröivän ilman lämpötilaa ja siten paperirainan lämpötilaa sen tullessa ulos kuivainyksiköstä. Tuulettimet poistavat jäähdetysrivaston keräämää lämpötilaa painokoneen sisältä.

Painoyksiköiden painolaitteessa on kuusi väriyksikköä (tulostinpäät merkitty kuvassa 10 numerolla 4). Väriyksiköistä ensimmäiset kaksi oikealta vasemmalle, ovat tarpeen vaatiessa käyttöön otettavia niin sanottuja lisäyksiköitä. Ensimmäistä yksikköä voidaan käyttää erikoismusteen avulla tehtävän pohjusteen painattamiseksi, ja toista lisäyksikköä voidaan käyttää esimerkiksi MICR-merkintöjen painattamiseksi. Lisäksi molempia lisäyksiköitä voidaan käyttää metallihohtoisten sävyjen tai muiden erikoisävyjen painattamiseksi. [8, s. 60–61.]

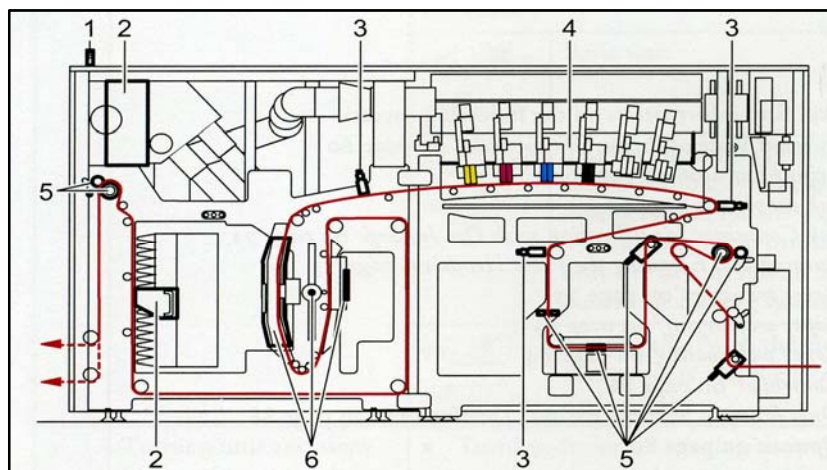
MICR-merkinnät painatetaan järjestelmää varten kehitetyllä erikoiskirjaintyyppillä ja käyttäen erityistä magneettista painomustetta. Järjestelmää käytetään pääasiassa finanssialan instituutioiden aloitteesta lisäämään turvallisuustekijöitä ja nopeuttamaan prosessia muun muassa shekkien käsittelyssä. [9; 10.]

Jälkimmäiset neljä väriyksikköä ovat CMYK-neliväripainatuksessa käytettävien perusvärien yksiköitä. Näiden yksiköiden värit lueteltuna järjestyksessä oikealta vasemmalle ovat key eli musta, syaani, magenta ja keltainen. [8, s. 61.]

Key-väri on käytännössä musta, ja sitä käytetään sävyjen kontrastin säätämiseen ja niin sanotun rikkaamman mustan aikaansaamiseksi. Neliväritekniikassa yksinkertainen musta väri voidaan saavuttaa joko käyttämällä 100K eli 100 % mustaa painomustetta, mutta suurempikontrastisempi rikas musta luodaan käyttämällä eri suhteessa sekoitettuja CMYK-värejä. Yleisin rikas musta syntyy päällekkäispainattamalla 63C, 52M, 51Y ja 100K. Vaihtoehtoja rikkaalle mustalle ovat esimerkiksi viileä musta (60C, 0M, 0Y, 100K) ja lämmin musta (0C, 60M, 30Y, 100K), joilla värisävy jää nimien mukaisesti joko viileämmäksi tai lämpimämmäksi. [11.]

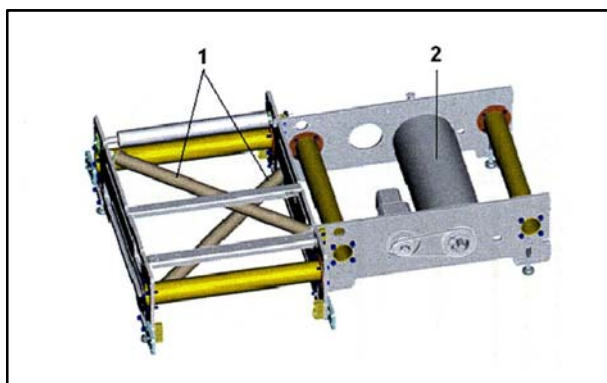
Yksi syy key-väriin käyttöön on helpottaa tummempien sävyjen painamista, parantaa liukuvärien tasaisuutta ja vähentää tarvittavaa mustemäärää, minkä ansiosta todennäköisyys värin leviämiseen vähenee ja yleisesti ottaen painopinnan laatu paranee.

Kuvassa 10 on lisäksi merkittynä erinäisiä paperirainan ominaisuuksia ja merkintöjä tarkkailevia sensoreita numeroilla 3 ja paperirainaa kuljettavat ja ohjaavat kuljetustelat numeroilla 5 sekä paperirainan kulkurata merkittynä punaisella. [8, s. 60.]



Kuva 10. Océ CS3500 -painoyksikön poikkileikkaus [8, s. 60].

Painoyksikön 2a jälkeen raina kulkee kääntölaitteen (kuva 11) läpi, jossa metallisia teloja hyödyntäen paperi käännetään ylösalaisin. Tällöin yksikön 2a painama pinta osoittaa rainan alapuolelle ja tyhjä painamaton pinta yläpuolelle. [8, s. 88.]



Kuva 11. Océ CS3500 I-Twin -kokoonpanon kääntöyksikkö [8, s. 88].

Paperirainan kulkusuunta on kuvassa 11 osoitetun kääntölaitteen läpi kulkiessa oikealta vasemmalle. Kuvassa on osoitettuna tela 2 (jäähdytystela), joka viilentää paperirainan, ja telat 1, jotka kääntävät paperin [8, s. 88]. Jäähdytystela pidetään viileänä painoyksikön ulkopuolelle sijoitetun suljetun vesijäähdytysjärjestelmän avulla. Suljetulla järjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa jäähdytysneste kiertää järjestelmän läpi ja järjestelmään kuuluva jäähdytysyksikkö viilentää nesteen painoyksiköiden ulkopuolella.

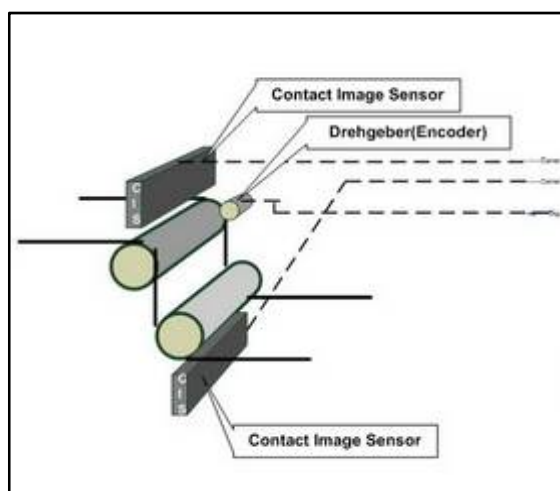
Painokonetta voidaan ohjata kuvassa 7 osoitettujen painoyksiköiden 2a ja b vasemmassa laidassa näkyvältä näyttöpäätteeltä kosketusnäyttöä tai niiden yhteyteen liitettyjen hiirtä ja näppäimistöä käyttäen. Ohjaaminen onnistuu myös Ethernet-verkon välityksellä operaattoripisteelle sijoiteltulta ohjaustietokoneelta käyttäen Océ PRISMA -työnkulkuohjelmistoa. [8.]

Scan2display-järjestelmä

Painokonetta hankittaessa Strålfors Oy neuvotteli Canon Océ:n painokoneen vaatimuksista. Tällöin määritettiin painolaadun sallitut virherajat Delta-E-arvoille, joiden sisällä painokoneen tuottaman painopinnan tuli pysyä. Vaatimuksena Canon Océ:lta

laatutason takaamiseksi oli asentaa painokoneeseen Océ ja TopSenson yhdessä kehittämä ratakamerajärjestelmä laadunvalvontaa varten. [12.]

Järjestelmään kuuluu painoyksikköjen sisään asennettu TopSenson valmistama valosensori (ei merkittynä kuvassa 12), joka tunnistaa paperin liikkeen, kuvanlukija eli skanneri ja koodausyksikkö (molemmat kuvassa 12), joka muuntaa kuvan digitaaliseen muotoon, jota ohjauskone pystyy käsittelemään. Valosensori antaa sykäyksen skannerille n-sivun välein (sivumäärä määriteltävissä kamerajärjestelmän ohjauskoneelta; minimissään noin 20 A4-sivua rinnakkain painokoneen toimiessa täydellä nopeudella), jolloin se ottaa kuvan sen alla kulkevasta sivusta paperiradalta. Sensori tunnistaa sivut lukemalla paperirainan reunaan painetuista rekisterimerkeistä.



Kuva 12. Painoyksikön sisään asennettu Océ & TopSensio -skanneriyksikkö. Kuvassa yhden yksikön sisään asennettu 2-puolinen skanneri. Insinööriyön käsittelemässä laitteessa kaksipuolisen skannerin sijasta molempiin painoyksikköihin on asennettu päällimmäinen yksikkö, joka kuvaa yksikön painaman pinnan. [13, s. 1.]

Järjestelmään kuuluu myös painokoneen ulkopuolelle sijoitettu Ethernet-yhteydessä oleva ratakamerajärjestelmän näyttöpäätteellinen ohjausyksikkö (kuva 13), johon on asennettu Scan2-ohjelmiston Display-versio. Skannerin kaapatessa valosensorin signaalin ohjaamana kuvan kuva välittyy koodausyksikölle, joka toimittaa sen edelleen ohjauskoneelle. Ohjausyksikön lisäksi kuva välittyy myös operaattorin ohjauspisteelle sijoitetulle valvontanäytölle ratakamerajärjestelmän ohjauskoneen välityksellä. Tätä valvontanäyttöä tarkkailemalla painokoneen operaattorin tulisi pystyä valvomaan painojäljen laatua.

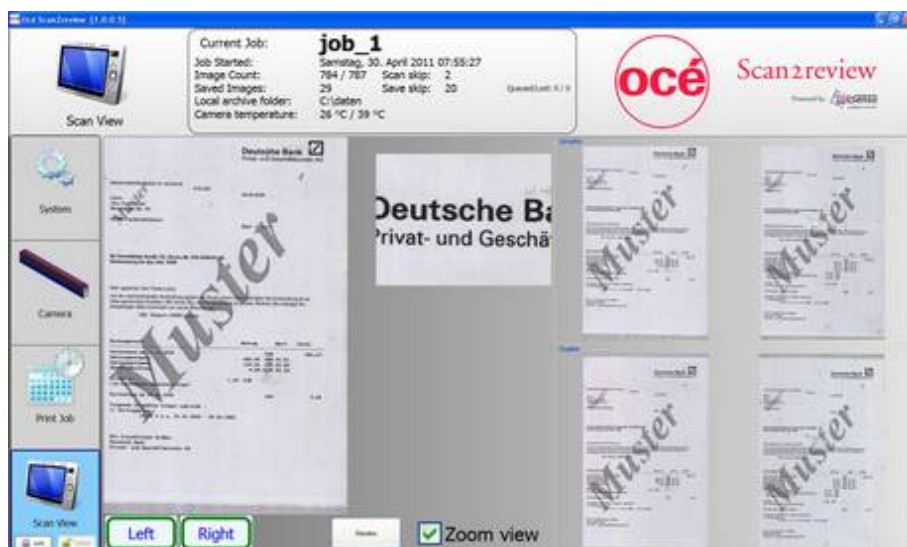


Kuva 13. Ratakamerajärjestelmän tornimainen ohjausyksikkö ja näyttöpääte [13, s. 1].

Scan2-ohjelmisto

Kamerajärjestelmän ohjausyksikköön asennettu Scan2Display on ohjelmiston perusversio, jonka ominaisuuksiin kuuluu kuvan välittäminen valvontakoneelle kuvaa tallentamatta. Scan2Display ei myöskään automatisoi suoritettavaa valvontaa tarkkailemalla esimerkiksi painovirheiden aiheuttamia muutoksia painotyössä olevissa muuttumattomien painopintojen väriarvoissa.

Painokonetta ja kamerajärjestelmää käyttävän operaattorin on tarkoitus tarkkailla painopinnan laatua ohjauspisteelle asennetun valvontanäytön avulla käyttäen Scan2Display-ohjelmiston antamia työkaluja, joihin kuuluu muun muassa zoom-in-luuppifunktio, joka näyttää kursorin osoittaman alueen suurennettuna Scan View -tarkkailunäkymän keskellä kuvassa 14.



Kuva 14. Scan View -näkökuva Scan2Review-ohjelmasta, joka on käytännössä identtinen insinööriyössä käytetyn Scan2Display-versio kanssa [13, s. 13].

Järjestelmä voidaan myös asettaa ohjelmiston perusversiolla kaappaamaan kuvia painoradasta määriteltävissä olevan sivumäärän välein automaattisesti. Järjestelmän suorittama kuvankaappaus tapahtuu noin 200 DPI:n kuvatarkkuudella.

Jos järjestelmää ja ohjelmistoa käyttävä yritys toteaa tarpeen, ohjelmisto voidaan päivittää jälkikäteen Scan2Review- tai Scan2Inspect-versioihin lisämaksua vastaan. Ohjelmistopäivitys ei kuitenkaan lisää kuvatarkkuutta, mutta tuo lisää ominaisuuksia, kuten mahdollisuuden painolaadun valvonnan automatisointiin määritettyjen parametrien mukaisesti ja kaapattujen kuvien automaattisen arkistoinnin. Mahdollisia valvonnan automatisointikriteerejä on esimerkiksi tasaisilla väripinnoilla esiintyvien väriarvojen vaihtelu asetettujen raja-arvojen ulkopuolelle.

Käytetyt paperilaadut

Kamerajärjestelmän toiminnan ja toimintaluotettavuuden testaus suoritettiin järjestelmän lähtötilannetta tarkistettaessa, korjausten jälkeen ja lopuksi toimintakuntoon saaton jälkeen Strålfors Oy:n Vantaan digipainolaitoksen tavanomaisessa tuotantotyössä. Vaikka tuotannossa yleisimmin käytetyt paperilaadut ovat pääominaisuuksiensa osalta hyvin lähellä toisiaan, testitulosten ja kameran toimivuuden luotettavuuden varmistamiseksi samat testiajot ja tarkastustoimenpiteet suoritettiin käyttäen jokaista paperilaatua.

Projektin aikana käytetyt paperilaadut olivat seuraavat:

- paperi 1: Metsä Modo 80gsm pinfeed, esipainettu ja perforoitu jatkolomake
- paperi 2: Metsä Modo 90gsm pinfeed, esipainettu ja perforoitu jatkolomake
- paperi 3: Stora Enso PK3 Premium pinless, ColorLok-käsitelty blanko perforoimaton jatkotulostusraina
 - tämän paperilaadun nimi ei ole sen virallinen kaupp nimi, koska testiä tehtäessä laatu oli uusi, eikä sille ollut virallista nimeä; paperi on tehty Stora Enson tehtaalla Veitsiluodossa Kemissä [12]
- paperi 4: Metsä Modo 90gsm pinfeed, esipainettu perforoimaton jatkotulostusraina
- paperi 5: Metsä Modo 90gsm pinfeed, esipainettu perforoimaton jatkotulostusraina.

Testiajojen aikana yksi merkittävimmistä kamerajärjestelmän toimimattomuuteen vaikuttavista tekijöistä oli paperinkulun tunnistavan valosensorin likaantuminen paperirainasta irtoavasta paperipölystä. Testausta suoritettaessa, henkilökohtaisiin havaintoihin pohjautuen, perforoitu ja pinnoittamaton paperi likasivat sensoria hieman enemmän kuin pinnoittamaton, joskin ero oli projektin lopputuloksen kannalta käytännössä merkityksetön.

Projektin alkuvaiheessa kamerajärjestelmä oli käytännössä toimintakunnon, mutta järjestelmä kaappasi onnistuneesti kuvaa poikkeustapauksessa. Näillä kerroilla testiajossa käytetty paperilaatu oli pinfeed-syötettyä. Todennäköisin syy näihin poikkeavuuksiin oli se, että vioittunut valosensori kykeni havaitsemaan paperin liikkeen syöttöreikien ja perforoinnin sekä esipainatetun rekisterimerkin avulla ja näin välittämään signaalin, jonka ohjauksesta skanneri suoritti kuvankaappauksen. Satunnainen toimivuustilanne toistui kuitenkin vain kolmesti koko projektin alkuvaiheen testausten aikana, eikä syytä voitu varmistaa todistettavasti poikkeavan toimivuuden aiheuttajaksi.

Paperilaatujen ominaisuuksissa, kamerajärjestelmän toiminnan kannalta, suurimmat eroavaisuudet aikaansaavat tekijät olivat siis perforointi tai sen puuttuminen, paperin kuljetustapa (pinfeed/pinless) ja mahdollinen pintakäsittely, joka pääasiassa rajoittui käsittelemättömiin papereihin ja ColorLok-käsiteltyyn paperi 3:een.

3 Kamerajärjestelmän korjaus ja käyttöönottotestaus

3.1 Kamerajärjestelmän lähtötilanne

Insinööriyön käytännön osuutta aloitettaessa molempien Océ CS3500 -painoyksiköiden sisälle oli asennettu kamerajärjestelmän tarvitsemat skanneri, valosensori ja koodausyksikkö. Painokokonaisuuden yhteyteen oli myös asennettu ratakamerajärjestelmän ohjausyksikkötorni ja muut vaaditut oheislaitteet.

Keskusteltaessa tilaajan kanssa työn yleispiirteistä ja projektista selvisi, että kamerajärjestelmä on ainakin painokoneen käyttöönottovaiheessa toiminut, mutta sen toimintaan tai käyttöönottoon ei ollut perehdytty tarkemmin. Syynä tähän oli painokoneen säännöllisesti saavuttama laatutaso, jonka ansiosta välttämätöntä tarvetta jatkuvaan tarkkailuun ei ollut.

Työtä aloitettaessa kamerajärjestelmän toimintaan tutustumisen myötä havaittiin, että järjestelmä ei ole toimintakunnossa, mutta syytä tähän toimimattomuuteen ei tiedetty, koska kenelläkään yrityksen työntekijöistä ei ollut järjestelmän erikoisosaamista.

Océn Suomen yksikön kanssa käydyn yhteydenpidon myötä selvisi myös, että ainoa järjestelmän asiantuntija oli lopettanut työsuhteensa Océlla, joten apu rajoittui välitettyihin sähköpostikontakteihin kamerajärjestelmän osien valmistajille ja muutamiin PDF-dokumentteihin kamerajärjestelmästä ja -ohjelmistosta.

Projektin kiireettömyyden ja saatavilla olevan erikoisosaamisen puutteiden vuoksi toimimattomuuden syyn selvittäminen jäi suurimmalta osalta insinööriyössä selvitettäväksi. Lähes kaikkien testitoimenpiteiden yhteydessä suoritettiin myös kamerajärjestelmän ohjausyksikön uudelleenkäynnistys, jotta ohjelmistovirheiden mahdollisuus saatiin suljettua pois.

Valosensori

Loogisin lähtöpiste toimintavian selvittämiseksi oli ratakamerajärjestelmän ohjausyksikkö ja Scan2Display-ohjelmiston mahdollisesti antamat virheilmoitukset. Järjestelmä palauttikin ohjausyksikön näyttöpäätteelle projektin alkuvaiheessa suurimman osan ajasta virheilmoituksen "No paper move detected!".

Ensimmäisenä toimenpiteenä suoritettiin järjestelmän uudelleenkäynnistys, jotta mahdollisuus yksinkertaiseen ohjelmistovirheeseen saatiin suljettua pois. Toimenpiteen suorittamisesta ei kuitenkaan ollut apua, ja sama virheilmoitus toistui testiajon yhteydessä.

Seuraavana toimenpiteenä suoritettiin paperiradan liikkeen tunnistavan valosensorin kuntotarkastus. Visuaalisesti tarkasteltuna valosensorin liitännät olivat kunnossa ja itse sensori oli ehjä, joskin paperiradalta painoajon aikana irronneen paperipölyn likaama. Sensori puhdistettiin käyttäen lievästi alkoholipitoisella puhdistusnesteellä kostutettua antistaattista liinaa paperipölyn poistamiseksi sensoria vahingoittamatta. Puhdistaminen ei kuitenkaan vaikuttanut virheilmoitukseen tai järjestelmän toimivuuteen. Toimenpiteen yhteydessä järjestelmän uudelleenkäynnistys suoritettiin myös uudelleen.

Tarkistustoimenpiteiden myötä todettiin, että valosensori on joko itsessään vioittunut ja esteenä toimintakunnolle tai vaihtoehtoisesti jokin toinen virheellisesti toimiva osa-alue ratakamerajärjestelmässä aiheuttaa valosensorin toiminnan estävän tekijän.

Valmistajan on-site-huoltoa ei ollut kustannussyistä järkeää kutsua paikalle, ennen kuin muut mahdolliset virhetilan aiheuttajat oli tutkittu. Järjestelmän toimimattomuuden aiheuttavaa syytä oli siis vielä etsittävä muista mahdollisista lähteistä.

Kameran kuvankaappaus

Tavallisen toiminnan aikana ratakamerajärjestelmän ohjausyksikölle asennettu Scan2Display-ohjelmisto suorittaa painoajon aikana automaattisen kuvankaappauksen paperiradalta operaattorin asettaman sivumäärän mukaisesti. Tämän jälkeen kuva välittyy ohjausyksikön ja operaattoripisteen näyttöpäätteille tarkasteltavaksi.

Koska valosensori ei tunnista paperiradan liikettä, se ei välitä signaalia skannerille eikä ratakamerajärjestelmä näin ollen suorita automaattista kuvankaappausta normaalitoiminnan mukaisesti. Kamerajärjestelmän automatisointi on kuitenkin mahdollista kiertää. Käytännössä operaattori kykenee pakottamaan ohjausyksikön välittämään kaappaussignaalin suoraan skannerille, ohittaen valosensorin. Tämän seurauksena järjestelmän tulisi suorittaa kuvankaappaus ja välittää normaalitoimintaa imitoivasti kaapattu kuva ohjausyksikön ja operaattoripisteen näyttöpäätteille.

Kameran toimivuuden tarkastaminen aloitettiin tekemällä manuaalinen kuvankaappaus ohjausyksiköltä useaan kertaan eri painotöiden yhteydessä. Kameratestausta tehtiin painotöiden aikana niin, että kaappaus suoritettiin jokaista yleisimmin käytettyä paperilaatua ajettaessa, jotta mahdollinen paperilaadun vaikutus saatiin suljettua pois.

Testikerroilla kamerayksikkö välitti ohjausyksikölle lähes poikkeuksetta täysin mustan kuvan. Ainoastaan pinfeed-paperilaatujen kanssa järjestelmä suoritti onnistuneen kuvankaappauksen ja välitti kuvan näyttöpäätteille, joskin nämäkin tapaukset olivat yksittäisiä ja toimintavarmuus oli lähes nollatasolla. Manuaalikaappausten yhteydessä Scan2Display palautti lähes poikkeuksetta virheilmoituksen "Camera not ready!".

Samaan aikaan ohjelmisto ilmoitti myös kamerajärjestelmän lämpötilan olevan korkeammalla kuin sen kuuluisi, ja oli syytä epäillä, että tällä oli tekemistä toimimattomuuden kanssa. Toisaalta myös painokoneen oma hallintaohjelmisto antoi joidenkin painotöiden aikana jäähdytysjärjestelmän virheilmoitusta ja keskeytti painotöitä korkean lämpötilan vuoksi, kunnes järjestelmä oli ehtinyt jäähtyä riittävästi. Kamerajärjestelmästä riippumattomasti painokoneen on-site-huolto vieraili painolaitoksella tutkimassa vikaa, joka osoittautui painokoneessa olevaksi häiriöksi, eikä lämpötilan nousulla ollut suoranaista yhteyttä kamerajärjestelmään.

Korjaustoimenpiteiden myötä Scan2Display ei enää palauttanut virheilmoitusta korkeasta lämpötilasta, mutta manuaalinen kuvankaappaus ei toiminut sen kummemmin kuin aiemminkaan ja ohjelmisto palautti edelleen jo aiemmin mainittua "Camera not ready!" -virheilmoitusta.

Seuraavaksi toimintavirheen lähdeä haettiin skanneriyksikön led-valaisimista, koska kameran toimimattomuus ei ollut seurausta korkeasta lämpötilasta ja järjestelmä palautti kuitenkin kuvan, joskin täysin mustan. Oli syytä epäillä, että valaisin ei

mahdollisesti toiminut ja musta kuva johtui painoyksikön sisällä vallitsevasta pimeydestä yksikön huolto-ovien ollessa kiinni.

Ottamalla ohjainyksikön avulla huoltokonsoliyhteyden skanneriyksikköön led-valaisimet asetettiin manuaalisesti pakotetusti valaisemaan paperirataa jatkuvasti, riippumatta siitä, oltiinko järjestelmällä suorittamassa kuvankaappausta vai ei. Valaisu myös tarkastettiin visuaalisesti avaamalla painokoneen huolto-ovi ajon aikana, minkä pohjalta voitiin todeta valaisun olevan päällä jatkuvasti. Toimenpiteen jälkeen manuaalinen kuvankaappaus palautti edelleen täysin mustan kuvan, eli valaisimien toimimattomuuskaan ei ollut syynä vikatilaa.

Seuraavaksi ohjausyksikön huoltokonsoliyhteyden avulla tehtiin tarkistus, jossa varmistettiin, että kamerajärjestelmän valkotasapainon asetukset ja skannerin ja valaisinjärjestelmän yleiset toiminta-asetukset oli säädetty oikein. Korjattavaa ei kuitenkaan löytynyt, ja järjestelmän toimimattomuuden syy oli edelleen tuntematon.

3.2 Océn on-site-huolto

Järjestelmän toimimattomuuden tutkimustoimenpiteisiin ja havaittuihin mahdollisiin toimintavirheiden aiheuttajiin pohjautuen tuotantopäällikkö Jussi Broberg otti yhteyden Océn on-site-huoltoon. Océn huolto-ohjelmiston avulla järjestelmän asetukset ja komponenttien välisten yhteydet tarkistettiin, mutta niistäkään ei löytynyt poikkeavaa toimintaa aiheuttavia tekijöitä.

Koska itse skanneriyksikkö, ohjainyksikkö ja siihen asennettu ohjelmisto toimivat ainakin satunnaisesti, päätettiin skanneri- ja koodausyksikön yhteyteen asennettu valosensori korvata uudella. Epäiltiin, että valosensorin aiheuttama virhetila on esteenä suurelle osalle muita järjestelmän ominaisuuksia ja toimintoja, minkä lisäksi osasyynä valosensorin uusimiseen oli myös komponentin matala hintataso, jonka ansiosta taloudellinen vaikutus oli melko merkityksetön.

Valosensorin uusimisen ja järjestelmän uudelleenkäynnistyksen myötä kamerajärjestelmä alkoi toimia, kuin mitään vikaa ei olisi ollutkaan. Näin vahvistui, että koko järjestelmän toimimattomuus johtui vioittuneesta valosensorista. Selkeää tietoa ei kuitenkaan saatu siitä, miten tämä vaikutti koko järjestelmän lamaannuttaen.

3.3 Kamerajärjestelmän käyttötesti

Kamerajärjestelmän toimintakuntoon saamisen jälkeen suoritettiin useampia käyttötestauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää järjestelmän toimintavarmuus. Testausten ja havaintojen kirjaaminen oli määrä antaa painokoneella työskentelevien operaattorien vastuulle kahden viikon testijakson ajaksi siitä eteenpäin, kun ensimmäiset testausjaksot oli toteutettu.

Jo ensimmäisten testiajojen aikana ilmeni, että kamerajärjestelmä ei kyennyt toimimaan yhtäjaksoisesti kuin lyhyen ajan. Painotyön aikana ratakamerajärjestelmä lakkasi toimimasta keskimäärin jopa yli viisi kertaa. Kaikkiin keskeytymisiin syynä oli paperirainasta irtoava valosensorin likaava paperipöly.

Virhetilan korjaamiseksi riitti valosensorin puhdistaminen, mikä tehtiin jälleen käyttäen lievästi alkoholipitoisella puhdistusnesteellä kostutettua antistaattista liinaa paperipölyn poistamiseksi sensoria vahingoittamatta. Toimenpide kuitenkin aiheutti joka kerta noin kahdesta viiteen minuuttia kestävä keskeytyksen tavalliseen painoajoon.

4 Käyttöönottoprojektin tulos ja mahdollisia keinoja tilanteen korjaamiseksi

4.1 Käyttöönottoprojektin tulos

Ratakamerajärjestelmän valosensori likaantuu tavallisessa päivittäisessä painoajossa hyvin useasti, ja sen toimintakuntoon palauttaminen vaatii noin kahdesta viiteen minuuttia kestävän valosensorin puhdistamistoimenpiteen. Puhdistamistoimenpiteestä aiheutunut työajan menetys osoittautui jo yhden työpäivän pituisen työvuoron aikana niin mittavaksi, ettei kamerajärjestelmää ollut taloudellisesti järkevää ottaa käyttöön. Kamerajärjestelmän käytöllä saavutettavat edut olivat loppujen lopuksi niin vähäiset, etteivät ne riittäneet korvaamaan sen kunnossapitotoimenpiteiden epäsuorasti aiheuttamia lisäkuluja.

Lisäksi havaittiin, että kamerajärjestelmän tarjoama 200 DPI:n maksimiresoluutio oli riittämätön pikaiseen visuaaliseen tarkasteluun, ja todettiin, että painolaatua oli helpompi ja yksinkertaisempi seurata hidastamalla painotyön ajonopeus hetkellisesti ja tarkastelemalla painopintaa visuaalisesti painoyksiköiden päädyssä sijaitsevilla paperiradan ulostuloaukoilla.

Projektin myötä kamerajärjestelmä saatettiin jälleen toimintakuntoon. Koska järjestelmä päätettiin jättää integroimatta yleiseen painotöiden työnkulkuun, alkuperäisen projektisuunnitelman mukaista operaattoreille suunnattua kamerajärjestelmän käyttöopasta ja laadunvalvontaprosessin ohjeistusta ei toteutettu. Samalla todettiin myös, ettei valvontaprosessin optimointia ollut tarpeen toteuttaa. Projekti todettiin suoritetuksi.

4.2 Korjaavia menetelmiä

Projektin alkuvaiheen tietoihin ja tilanteeseen pohjautuen korjauksia olisi käytännössä ollut mahdotonta tehdä ilman on-site-huollon ylimääräisestä tilauksesta ja painotyön keskeytymisestä aiheutuvia kalliita kustannuksia. Joka tapauksessa voidaan arvioida muun muassa mahdollisuutta lopputuloksen nopeampaan saavuttamiseen ja huomioida alkutilanteeseen johtaneita tekijöitä ja pohtia, kuinka niissä olisi voitu toimia toisin.

Suurin syy toiminnan esteenä olleen komponentin, valosensorin, korvaamiselle uudella oli joulun tienoille sattunut projektin aloitusajankohta. Juuri joulun alla työtilaukset olivat poikkeuksellisen runsaita ja kiireellisiä, ja kaikki ylimääräiset huoltotoimenpiteistä johtuvat seisaukset olisivat olleet liian kalliita, jotta tällöin mahdollisesti vioittuneen komponentin, jota ei välttämättä tarvittu kiireellisten painotöiden suorittamiseen, korvaamiseksi tilattavalle huoltokäynnille ei ollut riittäviä perusteita.

Mahdollisesti jos painokone olisi vioittunut jo tällöin ja vaatinut huoltokäynnin, vioittunut valosensori olisi voitu korvata uudella. Myös työtilausten vähäisempi kiiretila olisi sallinut komponentin vaihtamisen jo aiemmin. Lopullisesti sensori uusittiin vasta kaksi kuukautta epäillyn vian havaitsemisesta, mutta tähän ei voitu valitettavasti vaikuttaa kovinkaan paljoa.

Sensori olisi myös ollut mahdollista vaihtaa uuteen Océn on-site-huollon tarkistaessa painokoneen ja kamerajärjestelmän ylikuumenemisongelmaa, mutta tällöin oli syytä epäillä, että toimimattomuus johtuisi näistä tekijöistä todennäköisemmin kuin sensoriviasta. Ottaen huomioon sensorin uusimisesta aiheutuneen kustannuksen kohtuullisen tason, sensori olisi tästä huolimatta pitänyt uusia. Jos vanha sensori olisikin ollut toimiva, se olisi kuitenkin säilynyt painolaitoksella varaosana mahdollisen rikkoutumistilanteen varalta.

Toimenpiteitä kameran hankintavaiheessa

Insinööriyön osaksi ei kuulunut järjestelmän hankinta, vaan se oli jo työtä sovittaessa olemassa ja asennettuna osaksi painokonejärjestelmää. Oletettavasti ratakamerajärjestelmän ominaisuuksien olisi pitänyt olla riittäviä suoritettaviin laadunvalvontatoimenpiteisiin. Kuitenkin projektin aikana ilmeni, että kamerajärjestelmän tarjoama kuvatarkkuus ei riittänyt visuaaliseen tarkasteluun. Koska mahdollisuutta vaikuttaa tilanteeseen hankintavaiheessa ei ollut eikä hankinnan aikana käydyistä neuvotteluista tai hankittavan järjestelmän valintaan johtaneista toimista projektia tehtäessä ollut tarkempia tietoja, seuraaviin johtopäätöksiin ei todennäköisesti ollut mahdollisuutta päätyä tällöin.

Kuitenkin jos oletettaisiin, että jo hankintavaiheessa olisi ollut tieto hankitussa järjestelmässä esiintyvistä likaantumisongelmista ja tarpeesta korkeampaan resoluutioon kannattavan laadunvalvontaprosessin ylläpitämiseksi, olisi mahdollisesti

voitu päätyä jonkin toisen valmistajan tarjoamaan ratakamerajärjestelmään. Tällöin mahdollisesti ratakamerajärjestelmä olisi voitu ottaa käyttöön välittömästi painokoneen käyttöönoton yhteydessä, jolloin käyttöönottoprojektia ei olisi tarvittu. Sensorin aikaistettua uusimista lukuun ottamatta näihin toimenpiteisiin tai niiden suorittamiseen ei ollut mahdollisuutta vaikuttaa.

5 Yhteenveto

Insinööri työn alkuasetelmat olivat haastavat, koska kamerajärjestelmän dokumentaation ja erikoisosaamisen puuttuminen vaikeuttivat työn aloittamista. Océ ColorStream 3500 -painokonejärjestelmän tuntemus oli suureksi eduksi. Työn oli määrä koostua neljästä pääalueesta, joihin kuuluivat järjestelmiin tutustuminen, kamerajärjestelmän toimintakuntoon saattaminen, valvontaprosessin optimointi ja kamerajärjestelmän ohjeistuksen luominen operaattoreille.

Ensimmäinen vaihe onnistui hyvin, vaikka järjestelmien valmistajilla ei ollut tarjota kuin saksankielinen dokumentaatio, joka sekin oli melko suppea. Painokoneen toiminta oli aiemman työsuhteen ansiosta valmiiksi hallussa, joten vaiheen osaksi jäi lähinnä kamerajärjestelmän toimintaan perehtyminen. Samalla saatiin selvitettyä järjestelmässä todennäköisimmin toimintahäiriön aiheuttavat tekijät. Erikoisosaamisen saatavuuden puuttumisesta ja projektin ajankohdasta riippuvaisten tuotantokiireiden vuoksi toimimattomuuden aiheuttaneen komponentin paikantamiseen kului arvioitua enemmän aikaa ja komponentti olisi pitänyt korvata jo aiemmin painokoneen huoltokäynnin yhteydessä, joskin toteutunutta toimintatapaa voidaan osittain puolustaa tiedolla, ettei komponentin viallisuudesta ollut tällöin täyttä varmuutta.

Kamerajärjestelmän käyttöönottotestaus sujui ongelmitta, mutta sen aikana selvisi, että järjestelmän käyttöönotto päivittäisessä painotuotannon laadunvalvontaprosessissa ei olisi kannattavaa sen ylläpidosta aiheutuvien tuotantoajan menetyksien ja valvontaan riittämättömän kuvankaappausresoluution takia. Koska kamerajärjestelmälle ei ollut tuotannossa välttämätöntä tarvetta, koettiin, ettei korvaavaa järjestelmää ollut syytä hankkia. Järjestelmän hylkäämisen vuoksi sen avulla suoritettavan valvontaprosessin optimointia ja järjestelmän käyttöön ja ylläpitoon opastavaa ohjeistusta tai operaattorikäsikirjaa ei ollut tarvetta luoda.

Kehitysehdotuksena vastaavanlaisten painolaadun valvontaan tarkoitettujen ratakamerajärjestelmien hankintaprosesseissa tulisi ottaa tarkemmin huomioon järjestelmältä prosessin onnistuneen suorittamisen vaatimat kriteerit ja tehdä järjestelmän käyttöönottotestaus ennen lopullisen hankintapäätöksen tekemistä, jos se on mahdollista.

Lähteet

1. Lehtonen, Tapio. 1998. Digitaalinen painaminen. Helsinki: Opetushallitus.
2. Viluksela, Pentti; Ristimäki, Seija; Spännäri, Toni. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
3. Kipphan, Helmut. 2001. Handbook of Print Media. Berlin: Springer.
4. Spännäri, Toni. 2011. Digitaaliset tulostustekniikat. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
5. Spring, Kenneth R.; Fellers, Thomas J.; Davidson, Michael W. 2000–2013. Introduction to Charge-Coupled Devices (CCDs). Verkkodokumentti. MicroscopyU. <<http://www.microscopyu.com/articles/digitalimaging/ccdintro.html>>. Luettu 12.11.2013.
6. Lehtonen, Tero. 2009. Kuvantamisessa käytettävien puolijohdeilmaisimien toimintaperiaate. Verkkodokumentti. Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/~www_sefo/LuKseminaarit/sl2009/Lehtonen-kooste.pdf>. Luettu 13.11.2013.
7. What Is A CCD? 2001–2013. Verkkodokumentti. Spectral Instruments Inc. <http://www.specinst.com/What_Is_A_CCD.html>. Luettu 13.11.2013.
8. Océ ColorStream 3500 User manual. 2011. Océ Printing Systems GmbH.
9. What is MICR? 2007–2009. Verkkodokumentti .TROY Group. <http://www.whatismicr.com/MICR_education_center.html>. Luettu 23.10.2013.
10. What is MICR? 2013. Verkkodokumentti. Elfring Fonts. <<http://www.elfring.com/what.htm>>. Luettu 23.10.2013.
11. Van Holten, Damien. 2005–2013. Rich black versus plain black. Verkkodokumentti. Prinernational. <<http://www.prinernational.org/rich-black-plain-black.php>>. Luettu 23.10.2013.
12. Broberg, Jussi. Tuotantopäällikkö, Strålfors Oy, Vantaa. Sähköpostikeskustelu 24.–25.4.2013.
13. Scan2Review Systembeschreibung. 2011. TopSenso GmbH.